

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Математический институт
им. В.А. Стеклова
Российской академии наук
(МИАН)

ул. Губкина, д. 8, Москва, 119991
Тел.: +7(495) 984 81 41
Факс: +7(495) 984 81 39
<http://www.mi-ras.ru>
E-mail: steklov@mi-ras.ru
ОКПО 02699547 ОГРН 1027739665436
ИНН/КПП 7736029594/773601001

« 26 » 12 2023 № 11102-2171/320
на № _____ от « _____ » _____ 201 _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Математического Института
им. В. А. Стеклова
Российской академии наук
академик РАН Д. В. Трещев

« 26 » декабря 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Математического Института им. В. А. Стеклова РАН
на диссертацию Маслова Василия Евгеньевича

«Солитоны и осциллоны в скалярных теориях поля»,

представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.3 – теоретическая физика

Диссертационная работа В. Е. Маслова посвящена изучению классических полевых конфигураций с конечной энергией – солитонов и осциллонов – в неинтегрируемых скалярных теориях. Решения солитонного типа применяются в различных областях теоретической физики, в частности, в физике конденсированного состояния вещества и космологии ранней Вселенной. При этом реальные физические системы чаще всего не являются интегрируемыми. В отличие от интегрируемых систем, для которых имеются мощные математические методы получения и изучения солитонов, в неинтегрируемых теориях солитоны и солитоноподобные решения исследованы гораздо меньше. Цель диссертация Маслова В. Е. - исследовать свойства солитоноподобных решений в неинтегрируемых теориях.

В диссертации рассматриваются два класса полевых конфигураций. Первый из них – солитоны в теориях с неинтегрируемыми статическими уравнениями. Второй класс полевых конфигураций – скалярные осциллоны. Это долгоживущие квази-периодические локализованные решения.

Диссертация состоит из Введения, четырёх глав, Заключение, трёх приложений и списка литературы. Полный объём работы составляет 112 страницы и включает в себя 29 рисунков.

Во Введении даётся обзор текущего состояния темы исследования, обосновывается её актуальность, формулируются цели и задачи диссертации и выносимые на защиту положения.

В Главе 1 исследуется влияние неинтегрируемости статических уравнений поля, и, как следствие, возникающего в них динамического хаоса на множество стабильных солитонов. В качестве основного примера была рассмотрена одномерная модель синус-Гордона во внешнем пространственно периодическом потенциале вида «гребёнка Дирака». Явно показано – аналитически и численно – что, в отличие от регулярного случая, допускающего лишь два статических солитона, в хаотическом режиме количество солитонов растёт экспоненциально с их длиной и, таким образом, бесконечно. Более того, значения полей различных солитонных решений образуют приближённо самоподобный фрактал на плоскости начальных данных. Также в главе показано, что характеристики множества солитонов – показатель экспоненты роста и параметр неоднородности распределения во фрактале – позволяют ограничить снизу топологическую и метрическую энтропию статических уравнений, соответственно.

В Главе 2 последовательно построена эффективная теория поля, описывающая осциллоны большого размера и произвольной амплитуды. Показано, что эффективное действие принимает вид градиентного разложения и во всех порядках обладает глобальной симметрией, обеспечивающей сохранение нётеровского заряда, который соответствует адиабатическому инварианту на точном осцилонном решении. Таким образом, эффективная теория приближённо описывает осциллоны как нетопологические солитоны, похожие на Q-шары. В рамках эффективной теории получены условия существования и стабильности осциллонов, также получен критерий их долговечности. На протяжении главы прогнозы эффективной теории сопоставляются с результатами численного моделирования осциллонов и с известным в литературе предельным случаем осциллонов малой амплитуды.

Глава 3 посвящена низкоразмерным осциллонам. В ней показано, что в формальном пределе нуля пространственных измерений сферически симметричное уравнение поля имеет точно периодическое решение, трактуемое как «нульмерный осциллон», и вся энергия полевой системы оказывается сосредоточена в её центре. Этим наблюдением предложено объяснять как большую распространённость осциллонов, так и отмеченное в Главе 2 улучшение точности их эффективного описания в низкоразмерных моделях.

В Главе 4 описаны осциллоны в специальном случае слабо нелинейных теорий. Предложен метод учёта малой нелинейности при произвольно большой амплитуде, основанный на введении зависящей от амплитуды поля эффективной массы. С помощью разложения по этой нелинейности, как и по градиентному члену, было построено эффективное описание осциллонов в слабо нелинейной модели монодромии и проведено сравнение предсказаний построенной теории с численными результатами.

Заключение суммирует основные результаты диссертации, а также содержит предложения по дальнейшему исследованию темы. Технически громоздкие детали используемых аналитических методов и численных алгоритмов отнесены в Приложения.

Следует отметить, что результаты, полученные в диссертации, имеют высокую практическую значимость. Во-первых, для изучения статических солитонов в неинтегрируемых теориях была выбрана однополевая модель синус-Гордона, помещённая во внешний пространственно периодический потенциал. Поскольку эта модель описывает многие физические системы (например, длинный контакт Джозефсона), то соответствующие результаты диссертации оказываются к ним применимы. Во-вторых, эффективная теория поля, описывающая осциллоны, не только проясняет условия и причины их существования в

различных моделях, но и позволяет лучше включить осциллоны в описание разнообразных космологических процессов (например, постинфляционного разогрева), связывая, среди прочего, энергию осциллонов с их частотой и адиабатическим инвариантом.

Все результаты диссертации, выносимые на защиту, являются новыми. Действительно, связь свойств статических солитонов с динамическим хаосом в статических уравнениях ранее в литературе не рассматривалась. Модельно-независимое эффективное описание осциллонов произвольной амплитуды было построено впервые. Также новым является изучение осциллонов в низкоразмерном пределе и уточнение эффективного описания осциллонов с помощью введения эффективной массы в пределе слабо нелинейных потенциалов.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации обеспечивается применением современных аналитических и численных методов теоретической физики.

По диссертации также имеются следующие замечания:

1) На 4-ой странице написано “с возникновением в середине XX века теории интегрируемых систем”.

Нельзя сказать, что теория интегрируемых систем возникла в середине XX века. Правильно сказать, что она появилась уже у Ньютона (задача Кеплера - движение планет вокруг Солнца). В теории интегрируемых систем с XIX века широко известна теорема Лиувилля (если система с n -степенями свободы имеет n интегралов движения, то она интегрируема в квадратурах). В широко известных работах Эйлера, Лиувилля, Ковалевской, Пуанкаре и многих других исследованы многочисленные примеры интегрируемых систем.

2) При упоминании метода обратной задачи рассеяния в теории интегрируемых систем на стр. 4 не отмечен фундаментальный и широко признанный вклад Захарова, Фаддеева, Шабата, Новикова.

3) При упоминании возможных применений “осциллонов” упомянуты как общепризнанные космологические модели, так и модели требующие дополнительного выяснения их статуса, что не поясняется в тексте.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают научной ценности диссертационного исследования. Диссертация Маслова В. Е. полностью соответствует специальности 1.3.3 – теоретическая физика. Текст автореферата полно и правильно отражает содержание диссертации. Результаты диссертации опубликованы в трёх статьях в высокорейтинговых международных журналах, что отражает высокий научный уровень диссертации.

Результаты диссертации Маслова В. Е. были доложены автором, обсуждены и одобрены на семинаре Отдела теоретической физики МИАН им. В. А. Стеклова 8 ноября 2023 года.

Диссертация Маслова Василия Евгеньевича «Солитоны и осциллоны в скалярных теориях поля» удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор бесспорно заслуживает присуждения

учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Отзыв составила:

доктор физико-математических наук,

главный научный сотрудник

отдела теоретической физики

МИАН имени В. А. Стеклова

Тел.: +7 (499) 135-13-70

E-mail: arefeva@mi-ras.ru

Подпись И. Я. Арефьевой «удостоверяю»

И. Я. Арефьева

учёный секретарь МИАН, (к.ф.-м. наук)

С.А. Поликарпов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Математический институт имени В. А. Стеклова Российской академии наук (МИАН)

Адрес: 119991, Россия, г. Москва, ул. Губкина, д. 8

Телефон: +7 (495) 984-81-41

E-mail: steklov@mi-ras.ru

Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет:

- 1) Irina Aref'eva, Igor Volovich. Spontaneous symmetry breaking in fermionic random matrix model // Journal of High Energy Physics. – 2019. – Vol. 10. – P. 114.
- 2) Irina Ya. Aref'eva, Alexander Patrushev, Pavel Slepov. Holographic entanglement entropy in anisotropic background with confinement-deconfinement phase transition // Journal of High Energy Physics. – 2020. – Vol. 07. – P. 043.
- 3) Irina Ya. Aref'eva, Kristina Rannu, Pavel Slepov. Holographic anisotropic model for light quarks with confinement-deconfinement phase transition // Journal of High Energy Physics. – 2021. – Vol. 06. – P. 090.
- 4) Irina Ya. Aref'eva, Kristina Rannu, Pavel Slepov. Holographic model for heavy quarks in anisotropic hot dense QGP with external magnetic field // Journal of High Energy Physics. – 2021. – Vol. 07. – P. 161.
- 5) Irina Ya. Aref'eva, Anastasia A. Golubtsova, Eric Gourgoulhon. Holographic drag force in 5d Kerr-AdS black hole // Journal of High Energy Physics. – 2021. – Vol. 04. – P. 169.
- 6) Dmitry S. Ageev, Irina Ya. Aref'eva. Thermal density matrix breaks down the Page curve // The European Physical Journal Plus. – 2022. – Vol. 137. – No. 10. – P. 1188.
- 7) Irina Ya. Aref'eva, Alexey Ermakov, Kristina Rannu, Pavel Slepov. Holographic model for light quarks in anisotropic hot dense QGP with external magnetic field // The European Physical Journal C. – 2023. – Vol. 83. – No. 1. – P. 79.